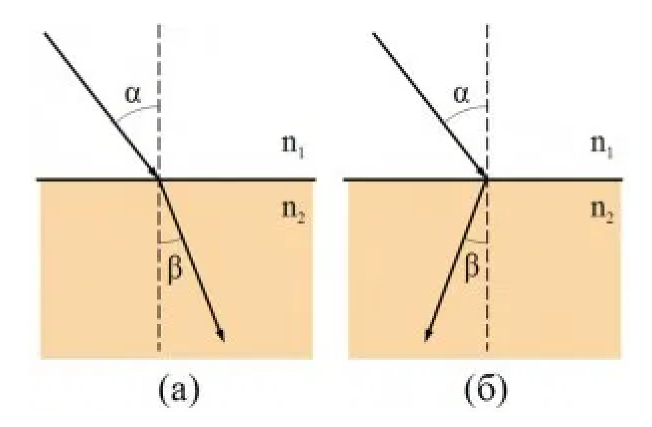
Коэффициент преломления льда. Показатель преломления света

Есть ничто иное, как отношение синуса угла падения к синусу угла преломления

Показатель преломления зависит от свойств вещества и длины волны излучения, для некоторых веществ показатель преломления достаточно сильно меняется при изменении частоты электромагнитных волн от низких частот до оптических и далее, а также может ещё более резко меняться в определённых областях частотной шкалы. По умолчанию обычно имеется в виду оптический диапазон или диапазон, определяемый контекстом.



Величина n, при прочих равных условиях, обычно меньше единицы при переходе луча из среды более плотной в среду менее плотную, и больше единицы при переходе луча из среды менее плотной в среду более плотную (например, из газа или из вакуума в жидкость или твердое тело). Есть исключения из этого правила, и потому принято называть среду оптически более или менее плотной, чем другая (не путать с оптической плотностью как мерой непрозрачности среды).

В таблице приведены некоторые значения показателя преломления для некоторых сред:

Среда	Показатель
Воздух (при обычных условиях)	1,0002926
Вода	1,332986
Глицерин	1,4729
Бензол	1,500
Органическое стекло	1,51
Фианит (CZ)	2,15-2,18
Кремний	4,010
Алмаз	2,419
Кварц	1,544
Киноварь	3,02
Топаз	1,63
Лёд	1,31
Масло оливковое	1,46
Сахар	1,56
Спирт этиловый	1,36
Слюда	1,56-1,60

Среда, обладающая большим показателем преломления, называется оптически более плотной. Обычно измеряется показатель преломления различных сред относительно воздуха. Абсолютный показатель преломления воздуха равен . Таким образом, абсолютный показатель преломления какой-либо среды связан с ее показателем преломления относительно воздуха формулой:

Показатель преломления зависит от длины волны света, то есть от его цвета. Различным цветам соответствуют различные показатели преломления. Это явление, называемое дисперсией, играет важную роль в оптике.

Физический смысл показателя преломления. Свет преломляется вследствие изменения скорости его распространения при переходе из одной среды в другую. Показатель преломления второй среды относительно первой численно равен отношению скорости света в первой среде к скорости света во второй среде:

Таким образом, показатель преломления показывает, во сколько раз скорость света в той среде, из которой луч выходит, больше (меньше) скорости света в той среде, в которую он входит.

Поскольку скорость распространения электромагнитных волн в вакууме постоянна, целесообразно определить показатели преломления различных сред относительно вакуума. Отношение скорости ***c*** распространения света в вакууме к скорости распространения его в данной среде называется **абсолютным показателем преломления** данного вещества () и является основной характеристикой его оптических свойств,

$$n_{21} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{\vartheta_1 \cdot C}{\vartheta_2 \cdot C} = \frac{C}{\vartheta_2} : \frac{C}{\vartheta_1} = \frac{n_{02}}{n_{01}},$$

т.е. показатель преломления второй среды относительно первой равен отношению абсолютных показателей этих сред.

Обычно оптические свойства вещества характеризуются показателем преломления ***n*** относительно воздуха, который мало отличается от абсолютного показателя преломления. При этом среда, у которой абсолютный показатель больше, называется оптически более плотной.

Предельный угол преломления. Если свет переходит из среды с меньшим показателем преломления в среду с большим показателем преломления ($n_1 < n_2$), то угол преломления меньше угла падения

r < i (рис.3).

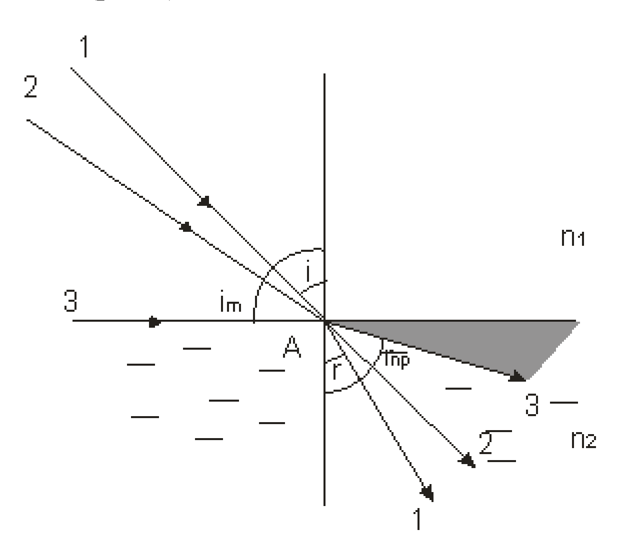


Рис. 3. Преломление света при переходе

из оптически менее плотной среды в среду

оптически более плотную.

При увеличении угла падения до i_m = 90° (луч 3, рис.2) свет во второй среде будет распространяться только в пределах угла r_{np} , называемого **предельным углом преломления** . В область второй среды в пределах угла, дополнительного к предельному углу преломления (90° - i_{np}), свет не проникает (на рис.3 эта область заштрихована).

Предельный угол преломления ***r пр***

Но sin i m = 1, следовательно .

Явление полного внутреннего отражения. Когда свет переходит из среды с большим показателем преломления ***n 1 > n 2*** (рис.4), то угол преломления больше угла падения. Свет преломляется (переходит в вторую среду) только в пределах угла падения ***i пр*** , который соответствует углу преломления ***r m*** =90°.

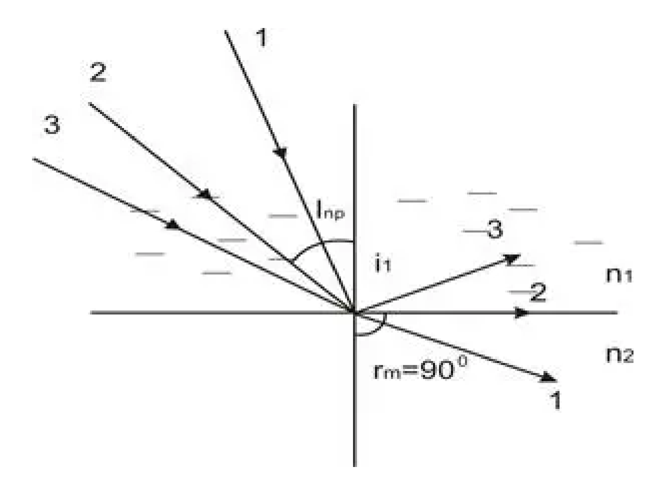


Рис. 4. Преломление света при переходе из оптически более плотной среды в среду

оптически менее плотную.

Свет, падающий под большим углом, полностью отражается от границы сред (рис. 4 луч 3). Это явление называется полным внутренним отражением, а угол падения ***i пр*** – предельным углом полного внутреннего отражения.

Предельный угол полного внутреннего отражения ***i пр*** определяется согласно условию:

$\frac{\sin i_{пр}}{\sin r_{m}} = \frac{n_2}{n_1}$, то sin r m =1, следовательно, .

Если свет идет из какой-либо среды в вакуум или в воздух, то

Вследствие обратимости хода лучей для двух данных сред предельный угол преломления при переходе из первой среды во вторую равен предельному углу полного внутреннего отражения при переходе луча из второй среды в первую.

Предельный угол полного внутреннего отражения для стекла меньше 42°. Поэтому лучи, идущие в стекле и падающие на его поверхность под углом 45°, полностью отражаются. Это свойство стекла используется в поворотных (рис.5а) и оборотных (рис. 4б) призмах, часто применяемых в оптических приборах.

Рис. 5: а – поворотная призма; б – оборотная призма.

Волоконная оптика. Полное внутреннее отражение используется при устройстве гибких **световодов** . Свет, попадая внутрь прозрачного волокна, окруженного веществом с меньшим показателем преломления, многократно отражается и распространяется вдоль этого волокна (рис.6).

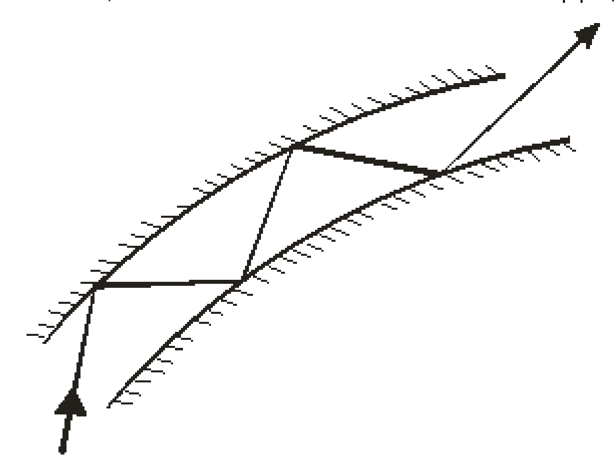


Рис.6. Прохождение света внутри прозрачного волокна, окруженного веществом

с меньшим показателем преломления.

Для передачи больших световых потоков и сохранения гибкости светопроводящей системы отдельные волокна собираются в пучки – **световоды** . Раздел оптики, в котором рассматривают передачу света и изображения по светопроводам, называют волоконной оптикой. Этим же термином называют и сами волоконно-оптические детали и приборы. В медицине световоды используют для освещения холодным светом внутренних полостей и передачи изображения.

Практическая часть

Приборы для определения показателя преломления веществ называются **рефрактометрами** (рис.7).

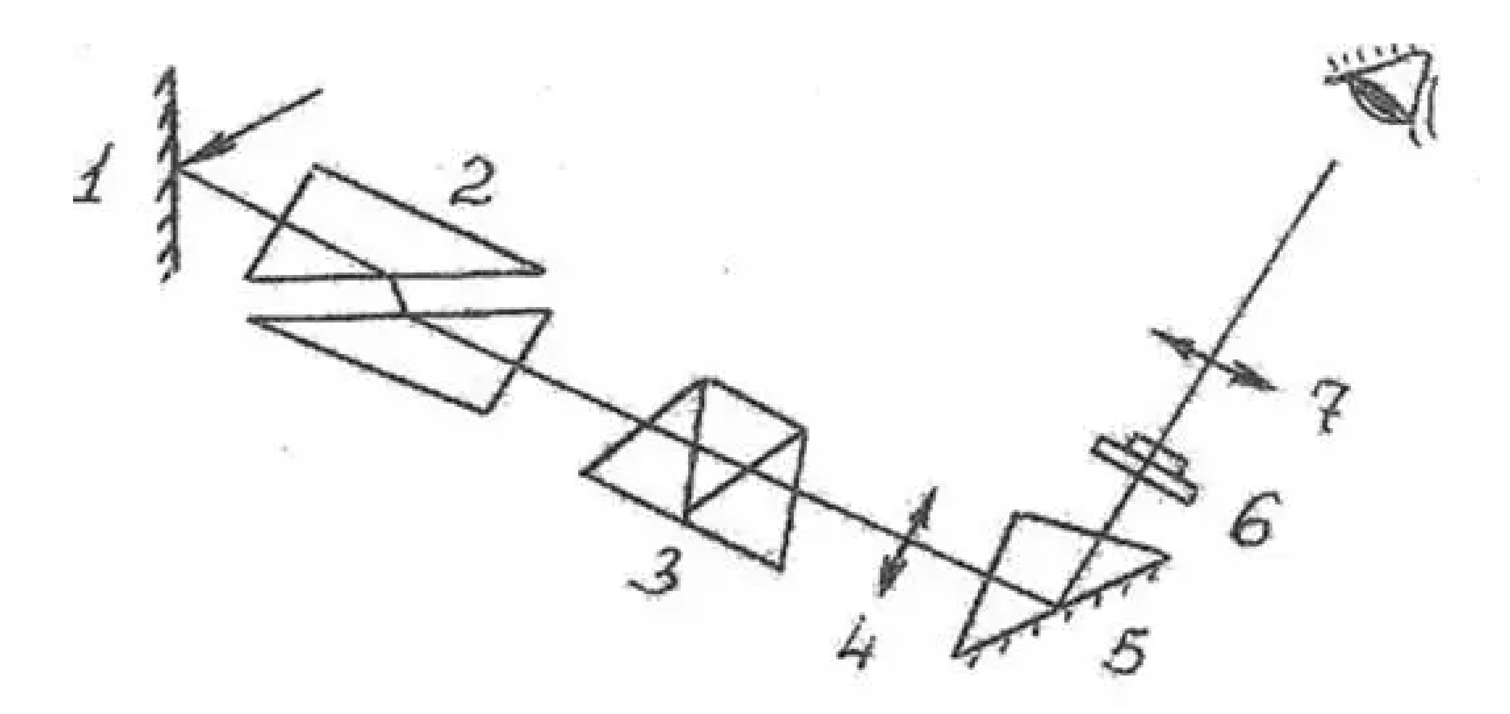


Рис.7. Оптическая схема рефрактометра.

1– зеркало, 2 – измерительная головка, 3 – система призм для устранения дисперсии, 4 – объектив, 5 – поворотная призма (поворот луча на 90 0), 6 – шкала (в некоторых рефрактометрах

имеются две шкалы: шкала показателей преломления и шкала концентрации растворов),

7 – окуляр.

Основной частью рефрактометра является измерительная головка, состоящая из двух призм: осветительной, которая находится в откидной части головки, и измерительной.

На выходе осветительной призмы ее матовая поверхность создает рассеянный пучок света, который проходит через исследуемую жидкость (2-3 капли) между призмами. На поверхность измерительной призмы лучи падают под различными углами, в том числе и под углом в 90 0 . В измерительной призме лучи собираются в области предельного угла преломления, чем и объясняется образование границы света - тени на экране прибора.

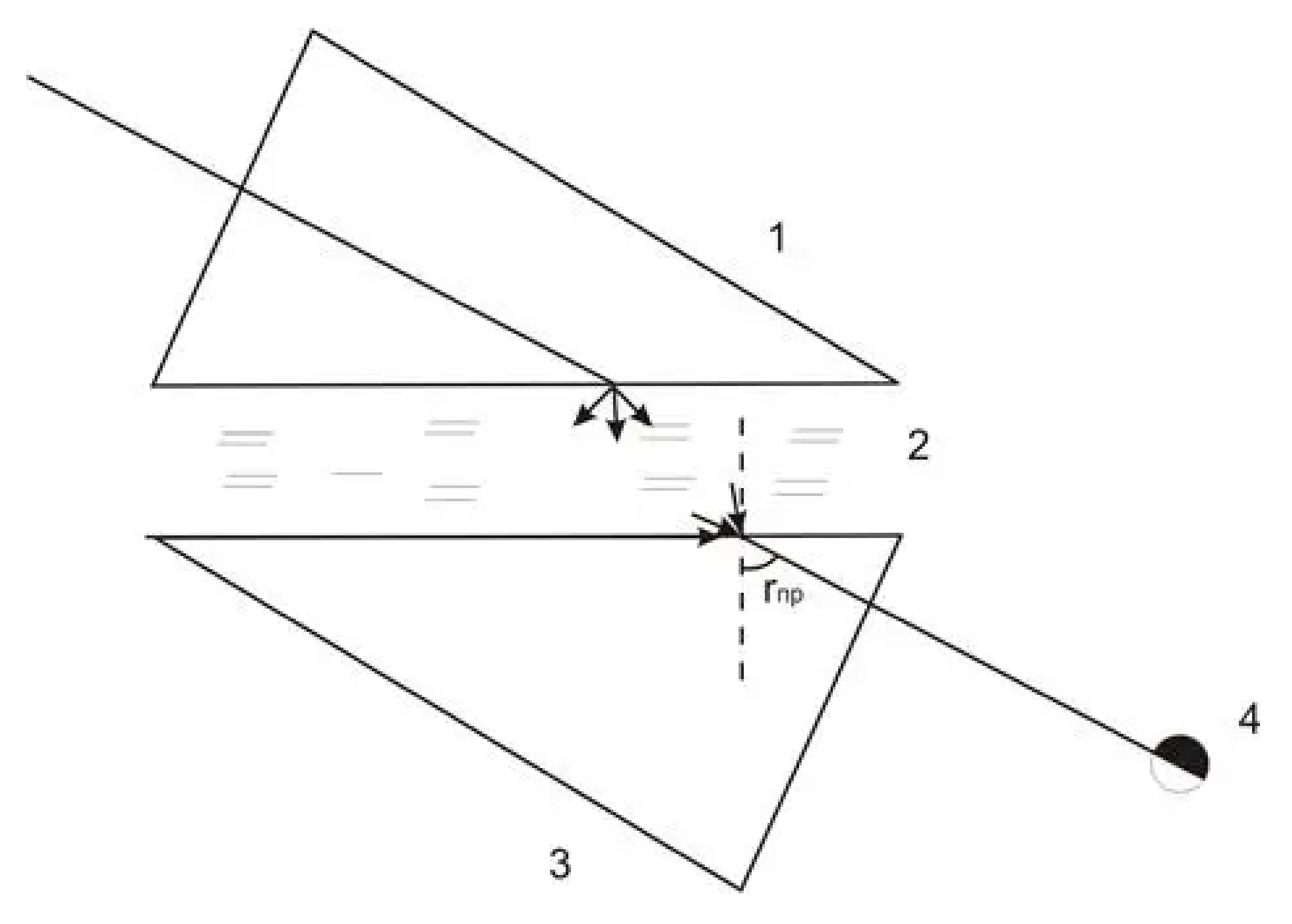


Рис.8. Ход луча в измерительной головке:

1 – осветительная призма, 2 – исследуемая жидкость,

3 – измерительная призма, 4 – экран.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ САХАРА В РАСТВОРЕ

Естественный и поляризованный свет. Видимый свет – это **электромагнитные волны** с частотой колебаний в интервале от 4·10 14 до 7,5·10 14 Гц. **Электромагнитные волны** являются **поперечными** : векторы Е и Н напряженностей электрического и магнитного полей взаимно перпендикулярны и лежат в плоскости, перпендикулярной вектору скорости распространения волны.

В связи с тем, что и химическое, и биологическое действие света связано в основном с электрической составляющей электромагнитной волны, вектор **Е**напряженности этого поля называют **световым вектором,** а плоскость колебаний этого вектора – **плоскостью колебаний световой волны** .

В любом источнике света волны излучаются множеством атомов и молекул, световые векторы этих волн расположены в разнообразных плоскостях, а колебания происходят в различных фазах. Следовательно, плоскость колебаний светового вектора результирующей волны непрерывно изменяет свое положение в пространстве (рис.1). Такой свет называется **естественным,** или **неполяризованным** .



Рис. 1. Схематическое изображение луча и естественного света.

Если выбрать две взаимно перпендикулярные плоскости, проходящие через луч естественного света и спроецировать векторы E на плоскости, то в среднем эти проекции будут одинаковыми. Таким образом, луч естественного света удобно изображать как прямую, на которой расположено одинаковое число тех и других проекций в виде черточек и точек:

При прохождении света через кристаллы можно получить свет, плоскость колебаний волны которого занимает постоянное положение в пространстве. Такой свет называется **плоско-** или **линейно–поляризованным** . Вследствие упорядоченного расположения атомов и молекул в пространственной решетке, кристалл пропускает только колебания светового вектора, происходящие в некоторой, характерной для данной решетки, плоскости.

Плоско-поляризованную световую волну удобно изображать следующим образом:

Поляризация света может быть также и частичной. В этом случае амплитуда колебаний светового вектора в какой-либо одной плоскости значительно превышает амплитуды колебаний в остальных плоскостях.

Частично поляризованный свет условно можно изобразить следующим образом: , и т.д. Соотношение числа черточек и точек при этом определяет степень поляризации света.

Во всех способах преобразования естественного света в поляризованный из естественного света полностью или частично отбираются составляющие с вполне определенной ориентацией плоскости поляризации.

Способы получения поляризованного света: а) отражение и преломление света на границе двух диэлектриков; б) пропускание света через оптически анизотропные одноосные кристаллы; в) пропускание света через среды, оптическая анизотропия которых искусственно создана действием электрического или магнитного поля, а также вследствие деформации. Эти способы основаны на явлении **анизотропии** .

Анизотропия – это зависимость ряда свойств (механических, тепловых, электрических, оптических) от направления. Тела, свойства которых одинаковы по всем направлениям, называются **изотропными** .

Поляризация наблюдается также при рассеянии света. Степень поляризации тем выше, чем меньше размеры частиц, на которых происходит рассеяние.

Устройства, предназначенные для получения поляризованного света, называются **поляризаторами** .

Поляризация света при отражении и преломлении на границе раздела двух диэлектриков. При отражении и преломлении естественного света на границе раздела двух изотропных диэлектриков проходит его линейная поляризация. При произвольном угле падения поляризация отраженного света является частичной. В отраженном луче преобладают колебания, перпендикулярные плоскости падения, а в преломленном -параллельные ей (рис. 2).

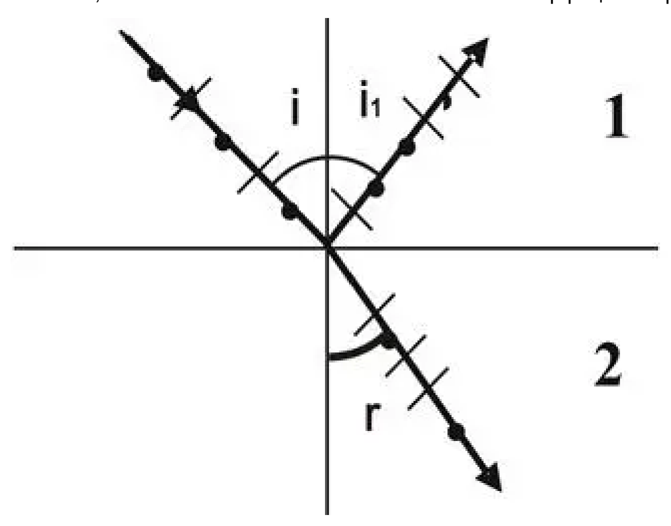


Рис. 2. Частичная поляризация естественного света при отражении и преломлении

Если угол падения удовлетворяет условию tg i Б = n 21 , то отраженный свет поляризуется полностью (закон Брюстера), а преломленный луч поляризуется не полностью, но максимально (рис.3). В этом случае отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны.

– относительный показатель преломления двух сред, i Б – угол Брюстера.

Рис. 3. Полная поляризация отраженного луча при отражении и преломлении

на границе раздела двух изотропных диэлектриков.

Двойное лучепреломление. Существует ряд кристаллов (кальцит, кварц, и т.п.), в которых луч света, преломляясь, расщепляется на два луча с разными свойствами. Кальцит (исландский шпат) представляет собой кристалл с гексагональной решеткой. Ось симметрии шестиугольной призмы,

образующей его ячейку, называется оптической осью. Оптическая ось – это не линия, а направление в кристалле. Любая прямая, параллельная этому направлению, также является оптической осью.

Если вырезать из кристалла кальцита пластинку так, чтобы ее грани были перпендикулярны оптической оси, и направить луч света вдоль оптической оси, то никакие изменения в нем не произойдут. Если же направить луч под углом к оптической оси, то он разобьется на два луча (рис. 4), из которых один называется обыкновенным, второй – необыкновенным.

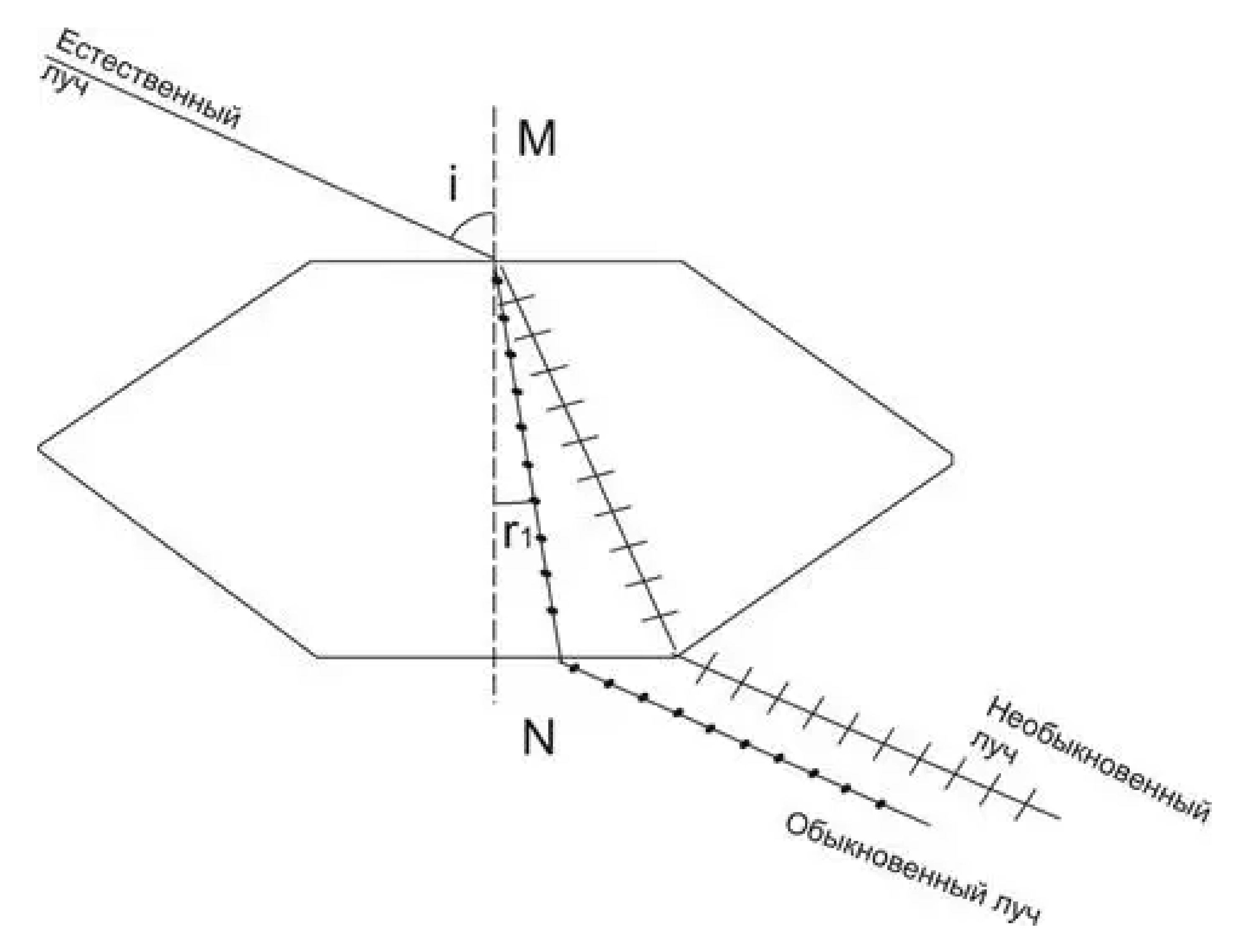


Рис. 4. Двойное лучепреломление при прохождении света через пластинку кальцита.

MN –оптическая ось.

Обыкновенный луч лежит в плоскости падения и имеет обычный для данного вещества показатель преломления. Необыкновенный луч лежит в плоскости, проходящей через падающий луч и оптическую ось кристалла, проведенную в точке падения луча. Эта плоскость называется **главной плоскостью кристалла** . Показатели преломления для обыкновенного и необыкновенного луча отличаются.

Как обыкновенные, так и необыкновенные лучи поляризованы. Плоскость колебаний обыкновенных лучей перпендикулярна главной плоскости. Колебания необыкновенных лучей происходят в главной плоскости кристалла.

Явление двойного лучепреломления обусловлено анизотропией кристаллов. Вдоль оптической оси скорость световой волны для обыкновенного и необыкновенного лучей одна и та же. В других направлениях скорость необыкновенной волны у кальцита больше, чем обыкновенной. Наибольшая разница между скоростями обеих волн возникает в направлении, перпендикулярном оптической оси.

Согласно принципу Гюйгенса при двойном лучепреломлении в каждой точке поверхности волны, достигающей границы кристалла, возникают (не одна, как в обычных средах!) одновременно две элементарные волны, которые и распространяются в кристалле.

Скорость распространения одной волны по всем направлениям одинакова, т.е. волна имеет сферическую форму и называется **обыкновенной** . Скорость распространения другой волны по направлению оптической оси кристалла одинакова со скоростью обыкновенной волны, а по направлению перпендикулярному к оптической оси, от неё отличается. Волна имеет эллипсоидную форму и называется **необыкновенной** (рис.5).

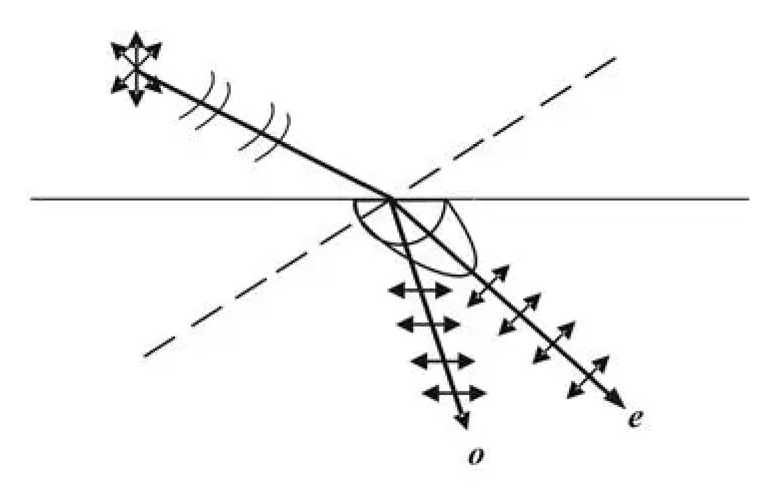


Рис. 5. Распространение обыкновенной (о) и необыкновенной (е) волны в кристалле

при двойном лучепреломлении.

Призма Николя. Для получения поляризованного света пользуются поляризационной призмой Николя. Из кальцита выкалывают призму определенной формы и размеров, затем ее распиливают по диагональной плоскости и склеивают канадским бальзамом. При падении светового луча на верхнюю грань вдоль оси призмы (рис. 6) необыкновенный луч падает на плоскость склейки под меньшим углом и проходит, почти не изменяя направления. Обыкновенный луч падает под углом большим, чем угол полного отражения для канадского бальзама, отражается от плоскости склейки и поглощается зачерненной гранью призмы. Призма Николя дает полностью поляризованный свет, плоскость колебаний которого лежит в главной плоскости призмы.

Рис. 6. Призма Николя. Схема прохождения обыкновенного

и необыкновенного лучей.

Дихроизм. Существуют кристаллы, которые по-разному поглощают обыкновенный и необыкновенный лучи. Так, если на кристалл турмалина направить пучок естественного света перпендикулярно направлению оптической оси, то при толщине пластинки всего лишь в несколько миллиметров обыкновенный луч полностью поглотится, а из кристалла выйдет только необыкновенный луч (рис.7).

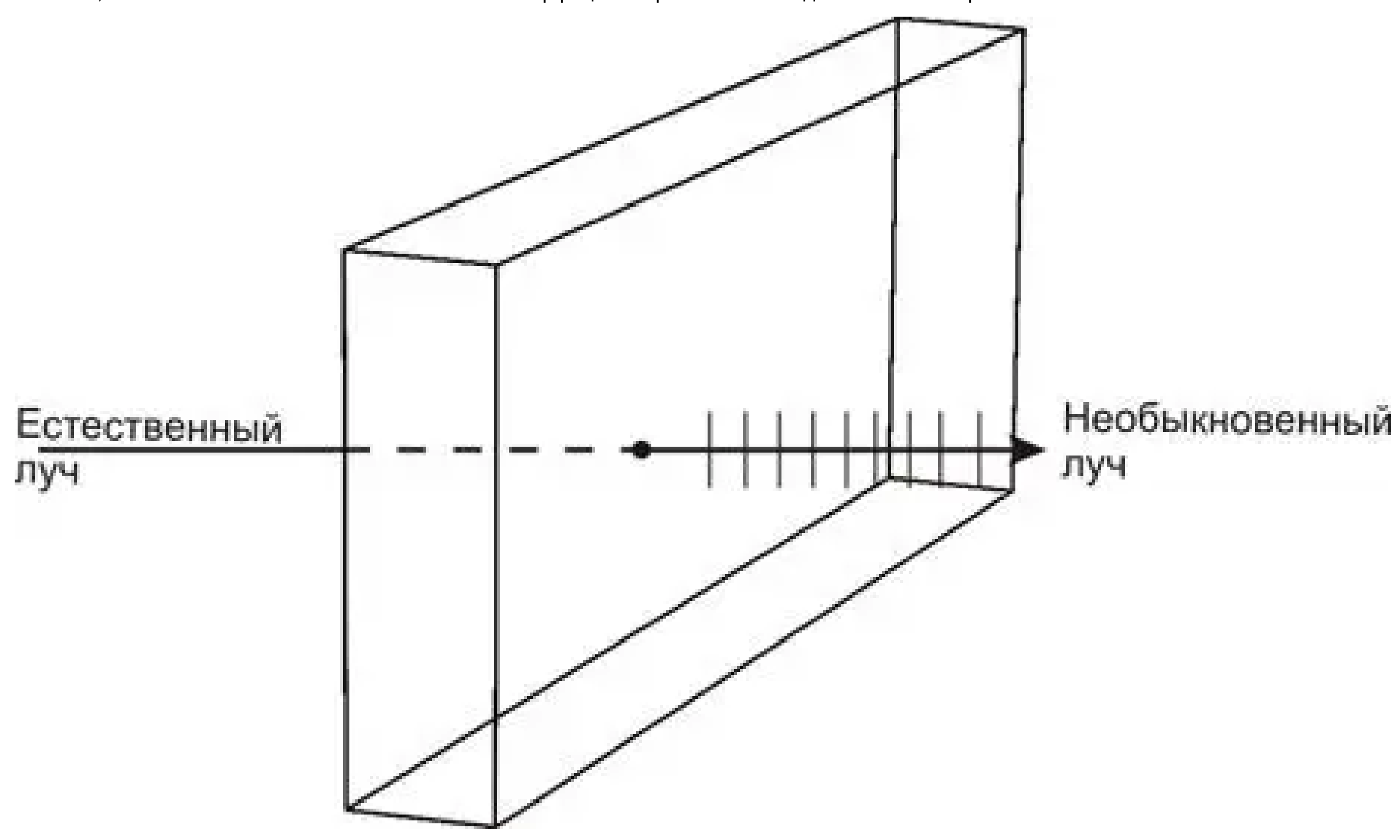


Рис. 7. Прохождение света через кристалл турмалина.

Различный характер поглощения обыкновенного и необыкновенного лучей называется **анизотропией поглощения,** или **дихроизмом.** Таким образом, кристаллы турмалина также могут быть использованы в качестве поляризаторов.

Поляроиды. В настоящее время в качестве поляризаторов широко применяют **поляроиды.** Для изготовления поляроида между двумя пластинками стекла или оргстекла заклеивается прозрачная пленка, которая содержит кристаллы поляризующего свет дихроичного вещества (например, сернокислый иодхинон). В процессе изготовления пленки кристаллы ориентируются так, чтобы их оптические оси были параллельны. Вся эта система закрепляется в оправе.

Дешевизна поляроидов и возможность изготовления пластин с большой площадью обеспечили их широкое применение на практике.

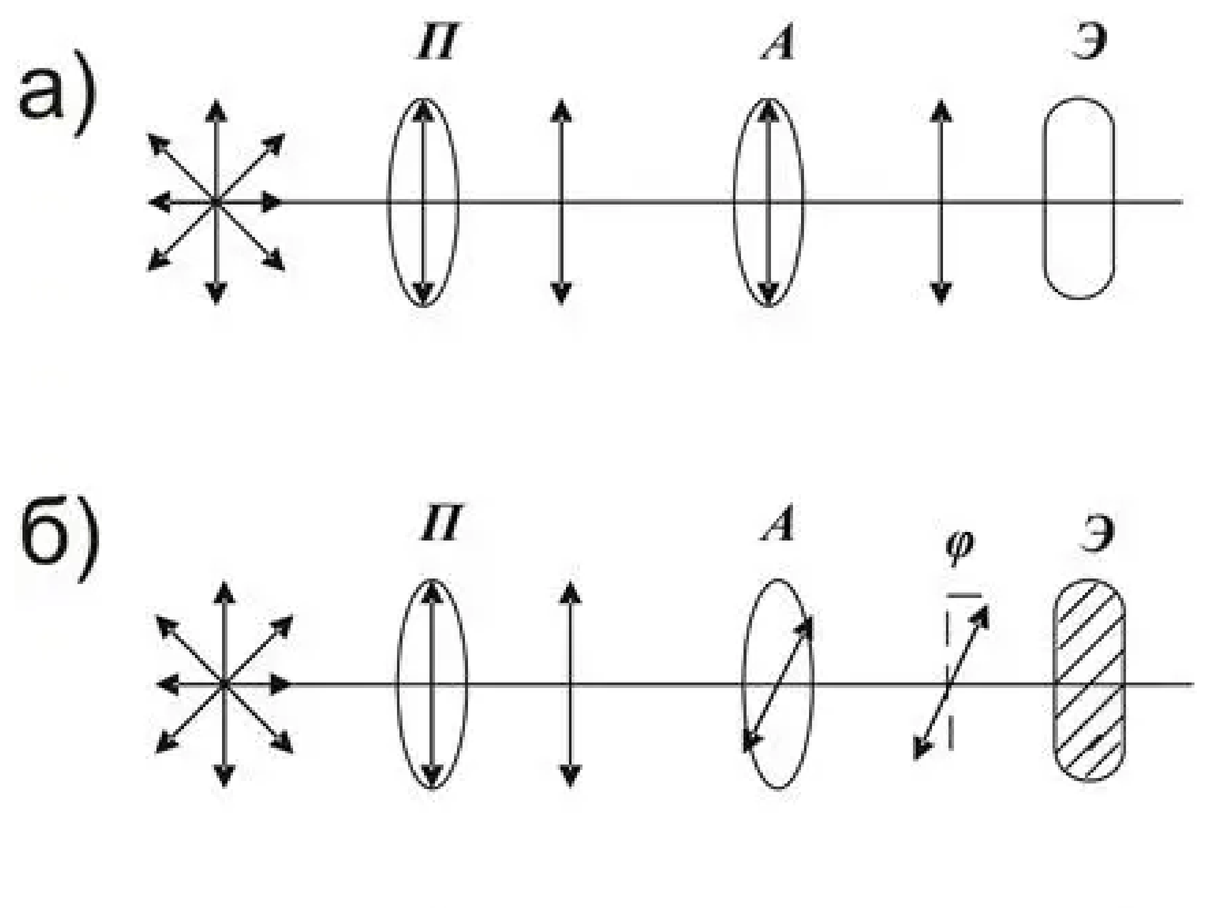
Анализ поляризованного света. Для исследования характера и степени поляризации света применяют устройства, называемые **анализаторами.** В качестве анализаторов используются те же устройства, которые служат для получения линейно-поляризованного света – поляризаторы, но приспособленные для вращения вокруг продольной оси. Анализатор пропускает только колебания, совпадающие с его главной плоскостью. В противном случае через анализатор проходит только составляющая колебаний, совпадающая с этой плоскостью.

Если световая волна, входящая в анализатор, линейно поляризована, то для интенсивности волны, выходящей из анализатора, справедлив **закон Малюса:**

$$I = I_0 \cdot \cos^2 \varphi$$,

где I 0 – интенсивность входящего света, φ – угол между плоскостями входящего света и света, пропускаемого анализатором.

Прохождение света через систему поляризатор – анализатор показано схематически на рис. 8.



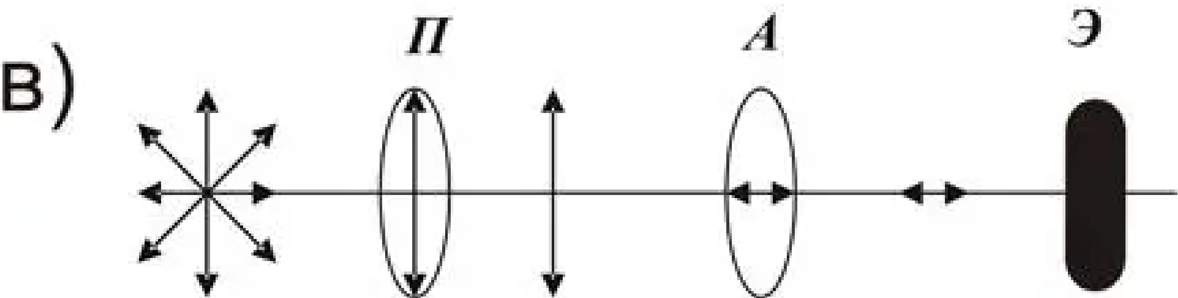


Рис. 8. Схема прохождения света через систему поляризатор-анализатор(П – поляризатор,

А – анализатор, Э – экран):

а) главные плоскости поляризатора и анализатора совпадают;

б) главные плоскости поляризатора и анализатора расположены под некоторым углом;

в) главные плоскости поляризатора и анализатора взаимно перпендикулярны.

Если главные плоскости поляризатора и анализатора совпадают, то свет полностью проходит через анализатор и освещает экран (рис. 7а). Если они расположены под некоторым углом, свет проходит через анализатор, но ослабляется (рис.7б) тем больше, чем ближе этот угол к 90 0 . Если эти плоскости взаимно перпендикулярны, то свет полностью гасится анализатором (рис.7в)

Вращение плоскости колебания поляризованного света. Поляриметрия. Некоторые кристаллы, а также растворы органических веществ обладают свойством вращать плоскость колебаний проходящего через них поляризованного света. Эти вещества называются **оптически активными** . К ним относятся сахара, кислоты, алкалоиды и др.

Для большинства оптически активных веществ обнаружено существование двух модификаций, осуществляющих вращение плоскости поляризации соответственно по и против часовой стрелки (для

наблюдателя, смотрящего навстречу лучу). Первая модификация называется **правовращающей,** или **положительной,** вторая – **левовращающей,** или отрицательной.

Естественная оптическая активность вещества в некристаллическом состоянии обусловлена асимметрией молекул. В кристаллических веществах оптическая активность может быть также обусловлена особенностями расположения молекул в решетке.

В твердых телах угол φ поворота плоскости поляризации прямо пропорционален длине d пути светового луча в теле:

где α – **вращательная способность (удельное вращение),** зависящая от рода вещества, температуры и длины волны. Для лево- и правовращающих модификаций вращательные способности одинаковы по величине.

Для растворов угол поворота плоскости поляризации

$$\varphi = \alpha \cdot c \cdot d$$,

где α – удельное вращение, с – концентрация оптически активного вещества в растворе. Величина α зависит от природы оптически активного вещества и растворителя, температуры и длины волны света. **Удельное вращение** – это увеличенный в 100 раз угол вращения для раствора толщиной 1 дм при концентрации вещества 1 грамм на 100 см 3 раствора при температуре 20 0 С и при длине волны света λ=589 нм. Весьма чувствительный метод определения концентрации с, основанный на этом соотношении, называется **поляриметрией (сахариметрией).**

Зависимость вращения плоскости поляризации от длины волны света называется **вращательной дисперсией.** В первом приближении имеет место**закон Био:**

где А – коэффициент, зависящий от природы вещества и температуры.

В клинических условиях метод **поляриметрии** применяется для определения концентрации сахара в моче. Используемый при этом прибор называется **сахариметром** (рис.9).

Рис. 9. Оптическая схема сахариметра:

И – источник естественного света;

С – светофильтр (монохроматор), обеспечивающий согласование работы прибора

с законом Био;

Л – собирающая линза, дающая на выходе параллельный пучок света;

П – поляризатор;

К – трубка с исследуемым раствором;

А – анализатор, укрепленный на вращающемся диске Д с делениями.

При проведении исследования сначала анализатор устанавливают на максимальное затемнение поля зрения без исследуемого раствора. Затем помещают в прибор трубку с раствором и, вращая анализатор, снова добиваются затемнения поля зрения. Наименьший из двух углов, на который при этом необходимо повернуть анализатор, и является углом вращения для исследуемого вещества. По величине угла вычисляется концентрация сахара в растворе.

Для упрощения расчетов трубку с раствором делают такой длины, чтобы угол поворота анализатора (в градусах) численно равнялся концентрации **с**раствора (в граммах на 100 см 3). При этом длина трубки для глюкозы составляет 19 см.

Поляризационная микроскопия. Метод основан на **анизотропии** некоторых компонентов клеток и тканей, появляющейся при наблюдении их в поляризованном свете. Структуры, состоящие из молекул, расположенных параллельно, или дисков, расположенных в виде стопки, при введении в среду с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления частиц структуры, обнаруживают способность к **двойному лучепреломлению.** Это означает, что структура будет пропускать поляризованный свет только в том случае, когда плоскость поляризации параллельна длинным осям частиц. Это остается в силе даже тогда, когда частицы не обладают собственным двойным лучепреломлением. Оптическая **анизотропия** наблюдается в мышечных, соединительнотканных (коллагеновых) и нервных волокнах.

Само название скелетных мышц «**поперечнополосатые»** связано с различием оптических свойств отдельных участков мышечного волокна. Оно состоит из чередующихся более темных и более светлых участков вещества ткани. Это придает волокну поперечную исчерченность. Исследование мышечного волокна в поляризованном свете обнаруживает, что более темные участки являются **анизотропными** и обладают свойствами **двойного лучепреломления**, тогда как более темные участки являются **изотропными** . **Коллагеновые** волокна анизотропны, оптическая ось их расположена вдоль оси волокна. Мицеллы в мякотной оболочке **нейрофибрилл** также анизотропны, но оптические оси их расположены в радиальных направлениях. Для гистологического исследования этих структур применяется поляризационный микроскоп.

Важнейшим компонентом поляризационного микроскопа служит поляризатор, который располагается между источником света и конденсатором. Кроме того, в микроскопе имеются вращающийся столик или держатель образца, анализатор, находящийся между объективом и окуляром, который можно установить так, чтобы его ось была перпендикулярна оси поляризатора, и компенсатор.

Когда поляризатор и анализатор скрещены, а объект отсутствует или является **изотропным,** поле выглядит равномерно темным. Если же присутствует объект, обладающий двойным лучепреломлением, и он расположен так, что его ось находится под углом к плоскости поляризации, отличным от 0 0 или от 90 0 , он будет разделять поляризованный свет на два компонента – параллельный и перпендикулярный относительно плоскости анализатора. Следовательно, часть света будет проходить через анализатор, в результате чего появится яркое изображение объекта на темном фоне. При вращении объекта яркость его изображения будет изменяться, достигая максимума при угле 45 0 относительно поляризатора или анализатора.

Поляризационная микроскопия используется при изучении ориентации молекул в биологических структурах (например, мышечных клетках), а также во время наблюдения структур, невидимых при применении других методов (например, митотического веретена при делении клеток), идентификации спиральной структуры.

Поляризованный свет используют в модельных условиях для оценки механических напряжений, возникающих в костных тканях. Этот метод основан на явлении фотоупругости, которое заключается в возникновении оптической анизотропии в первоначально изотропных твердых телах под действием механических нагрузок.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

Интерференция света. Интерференцией света называется явление, возникающее при наложении световых волн и сопровождаемое их усилением или ослаблением. Устойчивая интерференционная картина возникает при наложении когерентных волн. Когерентными волнами называются волны с равными частотами и одинаковыми фазами или имеющими постоянный сдвиг фаз. Усиление световых волн при интерференции (условие максимума) происходит в том случае, Δ укладывается четное число длин полуволн:

где ***k*** – порядок максимума, k=0,±1,±2,±,…±n;

λ – длина световой волны.

Ослабление световых волн при интерференции (условие минимума) наблюдается в том случае, если в оптической разности хода Δ укладывается нечетное число длин полуволн:

$$\Delta_{min} = (2k+1)\frac{\lambda}{2},$$

где k – порядок минимума.

Оптической разностью хода двух лучей называется разность расстояний от источников до точки наблюдения интерференционной картины.

Интерференция в тонких пленках. Интерференцию в тонких пленках можно наблюдать в мыльных пузырях, в пятне керосина на поверхности воды при освещении их солнечным светом.

Пусть на поверхность тонкой пленки падает луч 1 (см рис.2). Луч, преломившись на границе воздух - пленка, проходит через пленку, отражается от её внутренней поверхности, подходит к внешней поверхности пленки, преломляется на границе пленка – воздух и выходит луч . В точку выхода луча направляем луч 2, который проходит параллельно лучу 1. Луч 2 отражается от поверхности пленки , накладывается на луч , и оба луча интерферируют.

При освещении пленки полихроматическим светом получаем радужную картину. Это объясняется тем, что пленка неоднородна по толщине. Следовательно, возникают различные по величине разности хода, которым соответствуют разные длины волн (окрашенные мыльные пленки, переливчатые цвета крыльев некоторых насомых и птиц, пленки нефти или масел на поверхности воды и т.д.).

Интерференция света используется в приборах – интерферометрах. Интерферометрами называются оптические устройства, при помощи которых можно пространственно разделить два луча и создать между ними определенную разность хода. Применяются интерферометры для определения длины волн с высокой степенью точности небольших расстояний, показателей преломления веществ и определения качества оптических поверхностей.

В санитарно–гигиенических целях интерферометр применяется для определения содержания вредных газов.

Сочетание интерферометра и микроскопа (интерференционный микроскоп) используется в биологии для измерения показателя преломления, концентрации сухого вещества и толщины прозрачных микрообъектов.

Принцип Гюйгенса – Френеля. Согласно Гюйгенсу, каждая точка среды, до которой доходит первичная волна в данной момент, является источником вторичных волн. Френель уточнил это положение Гюйгенса, добавив, что вторичные волны являются когерентными, т.е. при наложении они будут давать устойчивую интерференционную картину.

Дифракция света. Дифракцией света называются явления отклонения света от прямолинейного распространения.

Дифракция в параллельных лучах от одной щели. Пусть на цель шириной ***в*** падает параллельный пучок монохроматического света (см. рис. 3):

На пути лучей установлена линза ***L*** , в фокальной плоскости которой находится экран ***Э*** . Большинство лучей не дифрагируют, т.е. не меняют своего направления, и они фокусируются линзой ***L*** в центре экрана, образуя центральный максимум или максимум нулевого порядка. Лучи, дифрагирующие под равными углами дифракции ***φ*** , будут на экране образовывать максимумы 1,2,3,…, ***n*** – порядков.

Таким образом, дифракционная картина, полученная от одной щели в параллельных лучах при освещении монохроматическим светом, представляет собой светлую полосу с максимальной

освещенностью в центре экрана, затем идет темная полоса (минимум I – го порядка), потом идет светлая полоса (максимум 1 – го порядка), темная полоса (минимум 2 – го порядка), максимум 2 – го порядка и т.д. Дифракционная картина симметрична относительно центрального максимума. При освещении щели белым светом на экране образуется система цветных полос, лишь центральный максимум будет сохранять цвет падающего света.

Условия *max* и *min* дифракции. Если в оптической разности хода ***Δ*** укладывается нечетное число отрезков, равных , то наблюдается усиление интенсивности света (***max*** дифракции):

$$\Delta_{max} = (2k+1)\frac{\lambda}{2},$$

где ***k*** – порядок максимума; ***k*** =±1,±2,±…,±***n;***

λ – длина волны.

Если в оптической разности хода ***Δ*** укладывается четное число отрезков, равных , то наблюдается ослабление интенсивности света (***min*** дифракции):

где ***k*** – порядок минимума.

Дифракционная решетка. Дифракционная решетка представляет собой чередующиеся непрозрачные для прохождения света полосы с прозрачными для света полосами (щелями) равной ширины.

Основной характеристикой дифракционной решетки является её период ***d*** . периодом дифракционной решетки называется суммарная ширина прозрачной и непрозрачной полосы:

Дифракционная решетка используется в оптических приборах для усиления разрешающей способности прибора. Разрешающая способность дифракционной решетки зависит от порядка спектра ***k*** и от числа штрихов ***N*** :

где ***R*** – разрешающая способность.

Вывод формулы дифракционной решетки. Направим на дифракционную решетку два параллельных луча: 1 и 2 так, чтобы расстояние между ними было равно периоду решетки ***d*** .

В точках ***A*** и ***B*** лучи 1 и 2 дифрагируют, отклоняясь от прямолинейного направления на угол ***φ*** – угол дифракции.

Лучи и фокусируются линзой ***L*** на экран, расположенный в фокальной плоскости линзы (рис. 5). Каждую щель решетки можно рассматривать как источник вторичных волн (принцип Гюйгенса – Френеля). На экране в точке Д наблюдаем максимум интерференционной картины.

Из точки ***A*** на ход луча опускаем перпендикуляр и получаем точку С. рассмотрим треугольник ***ABC*** : треугольник прямоугольный, ***ÐBAC=Ðφ*** как углы с взаимно перпендикулярными сторонам.
Из ***Δ*** ABC:

где ***AB=d*** (по построению),

CB = Δ – оптическая разность хода.

Так как в точке Д наблюдаем max интерференции, то

$$CB = \Delta = 2k\frac{\lambda}{2} = k\lambda,$$

где ***k*** – порядок максимума,

λ – длина световой волны.

Подставляем значения ***AB=d,*** в формулу для ***sinφ*** :

Отсюда получаем:

В общем виде формула дифракционной решетки имеет вид:

Знаки ± показывают, что интерференционная картина на экране симметрична относительно центрального максимума.

Физические основы голографии. Голографией называется метод записи и восстановления волнового поля, который основан на явлениях дифракции и интерференции волн. Если на обычной фотографии фиксируется только интенсивность отраженных от предмета волн, то на голограмме дополнительно фиксируются и фазы волн, что дает дополнительную информацию о предмете и позволяет получить объемное изображение предмета.

Преломление света - явление, при котором луч света, переходя из одной среды в другую, изменяет направление на границе этих сред.

Преломление света происходит по следующему закону:
Падающий и преломленный лучи и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух сред:
,
где **α** - *угол падения,*
β - *угол преломления,*
n - *постоянная величина, не зависящая от угла падения.*

При изменении угла падения изменяется и угол преломления. *Чем больше угол падения, тем больше угол преломления.*
Если свет идет из среды оптически менее плотной в более плотную среду, то угол преломления всегда меньше угла падения: **β < α.**
Луч света, направленный перпендикулярно к границе раздела двух сред, проходит из одной среды в другую **без преломления.**

абсолютный показатель преломления вещества - величина, равная отношению фазовых скоростей света (электромагнитных волн) в вакууме и в данной среде n=c/v
Величина n, входящая в закон преломления, называется относительным показателем преломления для пары сред.

Величина n есть относительный показатель преломления среды В по отношению к среде А, а n" = 1/n есть относительный показатель преломления среды А по отношению к среде В.
Эта величина при прочих равных условиях больше единицы при переходе луча из среды более плотной в среду менее плотную, и меньше единицы при переходе луча из среды менее плотной в среду более плотную (например, из газа или из вакуума в жидкость или твердое тело). Есть исключения из этого правила, и потому принято называть среду оптически более или менее плотной, чем другая.
Луч, падающий из безвоздушного пространства на поверхность какой-нибудь среды В, преломляется сильнее, чем при падении на нее из другой среды А; показатель преломления луча, падающего на среду из безвоздушного пространства, называется его абсолютным показателем преломления.

(Абсолютный - относительно вакуума.
Относительный - относительно любого другого вещества (того же воздуха, например).
Относительный показатель двух веществ есть отношение их абсолютных показателей.)

Полное внутреннее отражение - внутреннее отражение, при условии, что угол падения превосходит некоторый критический угол. При этом падающая волна отражается полностью, и значение коэффициента отражения превосходит его самые большие значения для полированных поверхностей. Коэффициент отражения при полном внутреннем отражении не зависит от длины волны.

В оптике это явление наблюдается для широкого спектра электромагнитного излучения, включая рентгеновский диапазон.

В геометрической оптике явление объясняется в рамках закона Снелла. Учитывая, что угол преломления не может превышать 90°, получаем, что при угле падения, синус которого больше отношения меньшего показателя преломления к большему показателю, электромагнитная волна должна полностью отражаться в первую среду.

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right).$$

В соответствии с волновой теорией явления, электромагнитная волна всё же проникает во вторую среду - там распространяется так называемая «неоднородная волна», которая экспоненциально затухает и энергию с собой не уносит. Характерная глубина проникновения неоднородной волны во вторую среду порядка длины волны.

Законы преломления света.



Из всего сказанного заключаем:
1 . *На границе раздела двух сред различной оптической плотности луч света при переходе из одной среды в другую меняет своё направление.*
2. При переходе луча света в среду с большей оптической плотностью угол преломления меньше угла падения; при переходе луча света из оптически более плотной среды в среду менее плотную угол преломления больше угла падения.
Преломление света сопровождается отражением, причём с увеличением угла падения яркость отражённого пучка возрастает, а преломлённого ослабевает. Это можно увидеть проводя опыт, изображённом на рисунке. Следовательно, отражённый пучок уносит с собой тем больше световой энергии, чем больше угол падения.

Пусть *MN* -граница раздела двух про зрачных сред, например, воздуха и воды, *АО* -падающий луч, *ОВ* - преломленный луч, -угол падения, -угол преломления, -скорость распространения света в первой среде, - скорость распространения света во второй среде.

Преломления показатель

Показáтель преломлéния вещества - величина, равная отношению фазовых скоростей света (электромагнитных волн) в вакууме и в данной среде . Также о показателе преломления иногда говорят для любых других волн, например, звуковых, хотя в таких случаях, как последний, определение, конечно, приходится как-то модифицировать.

Показатель преломления зависит от свойств вещества и длины волны излучения, для некоторых веществ показатель преломления достаточно сильно меняется при изменении частоты электромагнитных волн от низких частот до оптических и далее, а также может еще более резко

меняться в определенных областях частотной шкалы. По умолчанию обычно имеется в виду оптический диапазон или диапазон, определяемый контекстом.

Ссылки

- RefractiveIndex.INFO база данных показателей преломления

Wikimedia Foundation . 2010 .

Смотреть что такое "Преломления показатель" в других словарях:

Относительный двух сред n21, безразмерное отношение скоростей распространения оптического излучения (с в е т а) в первой (c1) и во второй (c2) средах: n21=c1/c2. В то же время относит. П. п. есть отношение синусов у г л а п а д е н и я j и у г л… … Физическая энциклопедия

Большой Энциклопедический словарь

См. Показатель преломления. * * * ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЬ, см. Показатель преломления (см. ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ) … Энциклопедический словарь

Относительный двух сред n21, безразмерное отношение скоростей распространения оптического излучения (См. Оптическое излучение) света (реже излучения радиодиапазона) в 1 й (υ1) и во 2 й (υ2) средах: n21 = υ1/υ2. В то же время относительный … Большая советская энциклопедия

См. Показатель преломления … Естествознание. Энциклопедический словарь

Современная энциклопедия

Показатель преломления - ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ, величина, характеризующая среду и равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в среде (абсолютный показатель преломления). Показатель преломления n зависит от диэлектрической e и магнитной m проницаемостей… … Иллюстрированный энциклопедический словарь

Вещества — величина, равная отношению фазовых скоростей света (электромагнитных волн) в вакууме и в данной среде . Также о показателе преломления говорят для любых других волн, например, звуковых.

Показатель преломления зависит от свойств вещества и длины волны излучения, для некоторых веществ показатель преломления достаточно сильно меняется при изменении частоты электромагнитных волн от низких частот до оптических и далее, а также может ещё более резко меняться в определённых областях частотной шкалы. По умолчанию обычно имеется в виду оптический диапазон или диапазон, определяемый контекстом.

Существуют оптически анизотропные вещества, в которых показатель преломления зависит от направления и поляризации света. Такие вещества достаточно распространены, в частности, это все кристаллы с достаточно низкой симметрией кристаллической решётки, а также вещества, подвергнутые механической деформации.

Показатель преломления можно выразить как корень из произведения магнитной и диэлектрических проницаемостей среды

(надо при этом учитывать, что значения магнитной проницаемости и диэлектрической проницаемости для интересующего диапазона частот — например, оптического, могут очень сильно отличаться от статических значений этих величин).

Для измерения показателя преломления используют ручные и автоматические **рефрактометры** .

Отношение показателя преломления одной среды к показателю преломления второй называют **относительным показателем преломления** первой среды по отношению к второй. Для выполняется:

где и — фазовые скорости света в первой и второй средах соответственно. Очевидно, что относительным показателем преломления второй среды по отношению к первой является величина, равная .

Эта величина, при прочих равных условиях, обычно меньше единицы при переходе луча из среды более плотной в среду менее плотную, и больше единицы при переходе луча из среды менее плотной в среду более плотную (например, из газа или из вакуума в жидкость или твердое тело). Есть исключения из этого правила, и потому принято называть среду *оптически* более или менее плотной, чем другая (не путать с оптической плотностью как мерой непрозрачности среды).

Луч, падающий из безвоздушного пространства на поверхность какой-нибудь среды, преломляется сильнее, чем при падении на неё из другой среды; показатель преломления луча, падающего на среду из безвоздушного пространства, называется его **абсолютным показателем преломления** или просто показателем преломления данной среды, это и есть показатель преломления, определение которого дано в начале статьи. Показатель преломления любого газа, в том числе воздуха, при обычных условиях много меньше, чем показатели преломления жидкостей или твердых тел, поэтому приближенно (и со сравнительно неплохой точностью) об абсолютном показателе преломления можно судить по показателю преломления относительно воздуха.